

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 03.06.01 Физика и астрономия/ 01.04.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества
Школа Инженерная школа энергетики
отделение Научно-образовательный центр им. И.Н. Бутакова

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
Экспериментальное исследование зажигания твердых топлив при высокоскоростном лучистом нагреве

УДК 662.62-026.783:536.33

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А4-13	Слюсарский Константин Витальевич		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Стрижак П.А.	д.ф.-м.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Заворин А.С.	д.т.н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Коротких А.Г.	д.ф.-м.н.		

Томск – 2018 г.

Ископаемое топливо (нефть, природный газ и уголь) используются для производства более 85 % энергии в мире. При этом, именно энергетика является одной из основных причин антропогенного изменения климата. Поэтому вопросы улучшения экологических параметров энергетических установок в настоящее время являются одними из наиболее актуальных в научной литературе. Для успешной реализации данных целей необходимо значение точных кинетических параметров конверсии угольного топлива для условий, максимально приближенных к реальным. В приведенной работе представлена разработанная методика исследования параметров зажигания угля при высокоскоростном нагреве лучистым потоком постоянного действия с помощью установки лазерного нагрева.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, отражена практическая значимость и научная новизна полученных результатов.

Первая глава представляет собой литературный обзор с классификацией существующих методов экспериментального исследования характеристик зажигания угля по способу подвода тепла. Представлено описание каждого метода, условия проведения исследования и определяемые характеристики, а также достоинства и недостатки каждого из приведенных методов. Приведены основные способы описания кинетики процессов зажигания и конверсии угля. Обоснована целесообразность применения установок зажигания угля с применением лучистого потока непрерывного действия.

Во второй главе приведены характеристики исследованного топлива, описаны условия проведения экспериментальных исследований, методики определения параметров зажигания твердого топлива с применением термического анализа и установки лучистого нагрева топлива. Приведено описание разработанных методов исследования процессов окисления угля с учетом его гранулометрических свойств и методов определения параметров формальной кинетики при лазерном зажигании образца угольного топлива.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований процессов окисления и зажигания угольного топлива, также характерные температуры и параметры формальной кинетики. Установлены и описаны основные стадии процессов конверсии, а также закономерности изменения указанных параметров при увеличении скорости нагрева. Выявлена взаимосвязь между параметрами окисления угольного топлива в камере термогравиметрического анализатора и параметрами окисления при лучистом нагреве постоянным потоком излучения.

В заключении подведены основные итоги диссертационных исследований, а также сформулированы соответствующие выводы.

Основными результатами работы являются:

1. Методика учета влияния гранулометрического состава порошка угля, использованного для термического анализа, на вид кинетической функции сжимающегося ядра при окислении. Установлено, что модифицированная модель сжимающегося ядра приводит к увеличению значения коэффициента детерминации по сравнению с оригинальной моделью.
2. Определены изменения механизмов зажигания при увеличении скорости нагрева углей с различным содержанием летучих веществ. Определено, с увеличением скорости нагрева вклад гетерогенных реакций окисления углерода в кинетику процессов зажигания угля увеличивается.
3. Установлено, что повышение скорости нагрева от 0,1 до $\sim 10^4$ °C/c приводит к нелинейному увеличению характерных температур зажигания угольного топлива в 2-3 раза, а также к уменьшению значений параметров формальной кинетики.
4. Установлено, что значения энергии активации при высокоскоростном нагреве угля соответствуют таковым, полученным в результате термического анализа с использованием метода Коатс-Рэдферна и

кинетических моделей сжимающегося ядра (для образцов антрацита и бурого угля) и Мампела (для каменного угля).

5. Установлено, что значения энергии активации при высокоскоростном нагреве соответствует значениям энергии активации, полученных при использовании моделей распределенной активации в диапазоне степеней конверсии 0,2-0,4 для метода Фридмана и 0,4-0,75 для метода Киссинджер-Акахира-Санроуза..